

3 ch. / [vidp. red. P. O. Kutsyk]. – L'viv : Vydavnytstvo L'vivs'koi komertsijnoi akademii, 2013.

12. Formuvannia i otsiniuvannia asortymentu, vlastyvostry ta yakosti prodovol'chykh tovariv : materialy II Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (L'viv, 23 hrudnia 2014 r.) : tezy dopovidej / [vidp. red. P. O. Kutsyk]. – L'viv : Rastr-7, 2014. – 274 s.

13. Halyk I. S. Problemy formuvannia ta otsiniuvannia ekolohichnoi bezpechnosti tekstyliu : monohrafiia / I. S. Halyk, B. D. Semak. – L'viv : Vydavnytstvo L'vivs'koi komertsijnoi akademii, 2014. – 487 s.

14. Tsyrokhman I. V. Tovaroznavstvo rybnykh i moreproduktiv / I. V. Tsyrokhman, O. Ya. Rodak, M. K. Turchyniak. – L'viv : Rastr-7, 2014. – 488 s.

**УДК 664**

*Гузій А. В.,*

*ст. викл. кафедри хімії та фізики, Львівська комерційна академія, м. Львів*

*Скоробогатий Я. П.,*

*к.х.н., проф., завідувач кафедри хімії та фізики, Львівська комерційна академія, м. Львів*

*Василечко В. О.,*

*к.х.н., доц. кафедри хімії та фізики, Львівська комерційна академія, провідний науковий співробітник кафедри аналітичної хімії, ЛНУ ім. І. Франка, м. Львів*

## **ВИКОРИСТАННЯ ХЕМІЛЮМІНЕСЦЕНТНОЇ РЕАКЦІЇ ЛЮМІНОЛУ З ПЕРОКСИКАПРИНОВОЮ КИСЛОТОЮ В ТОВАРОЗНАВЧІЙ ПРАКТИЦІ**

***Анотація.** У статті розглянуто питання, пов'язані з дослідженням харчових продуктів на предмет вмісту в них необхідних для життєдіяльності організму людини мікроелементів – Феруму, Купруму та Кобальту. Враховуючи складність аналізу продуктів, запропоновано методики хемілюмінесцентного визначення мікроелементів із використанням реакції люмінолу з пероксикаприновою кислотою. Подано результати дослідження ряду харчових продуктів із використанням запропонованих методик. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на вдосконалення розроблених методик для розширення спектра досліджуваних харчових продуктів.*

**Ключові слова:** Ферум, Купрум, Кобальт, хемілюмінесценція, люмінол, пероксикапринова кислота, харчові продукти.

*Guziy A. V.,*

*Senior Lecturer of the Department of Chemistry and Physics, Lviv Academy of Commerce, Lviv*

*Skorobogaty J. M.,*

*Ph.D., Professor, Head of the Department of Chemistry and Physics, Lviv Academy of Commerce, Lviv*

*Vasylechko V. O.,*

*Ph.D., Associate Professor, Associate professor of the Department of Chemistry and Physics, Lviv Academy of Commerce, Leading Researcher of the Department of Analytical Chemistry, Franko Lviv National University, Lviv*

## **USING CHEMILUMINESCENT REACTION OF LUMINOL WITH PERCAPRIC ACID IN COMMODITY PRACTICES**

***Abstract.** The article considers the questions related to the study of food products in terms of content of micronutrients such as iron, copper and cobalt which are important for the life of the human body. Considering the complexity of the analysis of products the methods of chemiluminescence detection of microelements using luminol reaction with peroxyacetic acid were proposed. The article presents the results of the study of a*

number of food products using the proposed methods. Further research should be directed at improving of the techniques developed for the expansion of the scope of investigated food products.

**Keywords:** iron, copper, cobalt, chemiluminescence, luminol, percapric acid, food products.

**Постановка проблеми.** Для хемілюмінесцентного методу аналізу характерними є висока чутливість визначень, яка досягає пікограмових кількостей речовин, а також наявність пропорційності в широкому інтервалі між параметрами хемілюмінесценції (ХЛ) і концентрацією визначуваної речовини. Саме такі особливості хемілюмінесцентних визначень сприяли поширенню ХЛ детекторів у хроматографічних методах аналізу різноманітних об'єктів на вміст важких металів, зокрема Fe, Cu, Co [1]. Хемілюмінесцентні методи легко піддаються автоматизації (проточний і проточно-інжекційний варіанти), що дозволяє застосовувати їх у дистанційному аналізі, а це дуже важливо і необхідно під час аналітичного контролю технологічних розчинів, розчинів підвищеної токсичності та радіоактивних середовищ [2, 3].

Для цілей аналізу використовуються яскраво хемілюмінесціюючі рідиннофазові композиції переважно на основі люмінолу (гідразида 3-амінофталевої кислоти) (H<sub>2</sub>L) і люцигеніну (нітрату 10,10'-диметил-9,9'-біакридинію). Це значною мірою обумовлено тим, що метод сильно спрощується в апаратурному відношенні, якщо застосовувати реакції з великим виходом світла.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо, що реакції між люмінолом та низкою окисників (пероксид водню, пероксикислоти тощо) супроводжуються яскравою хемілюмінесценцією. Дослідженню цих реакцій присвячена велика кількість робіт. На інтенсивність хемілюмінесценції в цих реакціях впливає широкий спектр факторів: кислотність середовища, природа окиснювача, концентрації компонентів системи, а також наявність у системі сторонніх речовин. В більшості робіт проводилися дослідження хемілюмінесцентної реакції у модельних розчинах. На основі цих досліджень були зроблені висновки про можливість застосування процесів ХЛ для визначення великої кількості окремих речовин у різних об'єктах.

Як окиснювач люмінолу нами була обрана пероксиапринова кислота (ПКК), оскільки у порівнянні з пероксидом водню вона володіє вищим значенням окисно-відновного потенціалу [4], що дозволяє підвищити чутливість хемілюмінесцентної реакції. Йони перехідних металів (Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>) належать до ефективних каталізаторів хемілюмінесцентної реакції люмінолу з пероксидними сполуками [5]. Відомо, що пероксикислоти в присутності йонів перехідних металів розкладаються за ланцюговим циклічним механізмом. Збільшення окиснювальної здатності перокси кислот зумовлює зміщення рівноваги між формами Me<sup>2+</sup> ⇌ Me<sup>3+</sup> в бік утворення йонів Me<sup>3+</sup>.

Оскільки відповідальні за свічення активні форми Оксигену виникають у реакції:



то при цьому зростає швидкість реакції утворення радикалів O<sub>2</sub><sup>•</sup>, що викликає збільшення інтенсивності хемілюмінесценції.

Найбільший каталітичний вплив йонів перехідних металів виявляється в лужному середовищі (рН > 7). Однак на параметри хемілюмінесценції (інтенсивність та сумарне свічення) значний вплив, крім кислотності середовища, має присутність деяких сторонніх речовин, що можуть як послаблювати свічення, так і підсилювати його. До інгібіторів люмінесценції відносять феноли, які зумовлюють гасіння хемілюмінесценції за рахунок взаємодії з відповідальними за свічення пероксидними частинками [6]. Активаторами ХЛ реакції є ароматичні аміни, які за рахунок утворення комплексних сполук із йонами перехідних металів створюють умови тривалого знаходження йонів-каталізаторів у розчині, чим збільшують тривалість, а відповідно, і сумарне свічення у реакції.

Значний інтерес становить використання хемілюмінесцентних реакцій у товарознавчій практиці. Відомо, що більшість харчових продуктів є джерелом надходження в організм людини не тільки основних поживних речовин (білків, жирів та вуглеводів), але і надзвичайно важливих для процесів життєдіяльності мікроелементів – Феруму, Купруму та Кобальту. Так, відносно високий вміст Купруму є у таких продуктах, як м'ясні товари (особливо печінка), морепродукти (креветки, кальмари), горіхи, зернові культури (вівсянка, гречка). Кобальт у достатній для людини кількості міститься у м'ясних, молочних та рибних товарах, овочах та продуктах, які включають вітамін В<sub>12</sub>. Основним джерелом Феруму серед харчових продуктів є харчові продукти, особливо тваринного походження: яловичина, свинина, баранина, печінка, нирки, меншою мірою – риба, куряче м'ясо та яйця. З рослинних продуктів найбільше цього мікроелемента містять зернобобові, гречана крупа, пшоно, рис, соя, горіхи та зелені овочі.

Хоча Кобальт є необхідним мікроелементом для процесів життєдіяльності організму, він також відноситься до токсичних елементів. Його надлишкове надходження до організму спричиняє кровотечі, порушення роботи щитовидної залози, може підвищити кров'яний тиск, погіршитися робота серцевого м'язу і нервової системи. Отже, як недостача, так і надлишок Кобальту є досить небезпечними для організму. Важливим для організму людини є баланс мікроелементів. Згідно з директивою ЄС з якості питної води (98/83 від 1998 р.) і новими санітарними нормами та прави-

лами “Тієнічні вимоги до питної води, призначеної для споживання людиною” (№ 452/17747 від 1.07.2010 р.) ГДК для Кобальту знижено від 1,0 мг/л до 0,1 мг/л, що є за межами чутливості більшості методів.

**Постановка завдання.** Метою наших досліджень була перевірка можливості використання хемілюмінесцентної реакції люмінолу з монопероксициклотами для визначення таких мікроелементів, як Ферум, Купрум та Кобальт у харчових продуктах. Основною складністю, з якою стикаються дослідники при визначенні мікроелементів у харчових продуктах, є створення умов для нівелювання стороннього впливу сторонніх речовин-компонентів продуктів для визначення основного мікроелемента. Досліджувані продукти обиралися нами з урахуванням наявності в їх складі відповідних мікроелементів. При виборі об’єктів ми надавали перевагу тим продуктам, у складі яких вміст сторонніх речовин, що можуть негативно впливати на чутливість і точність визначення, зведений до мінімуму.

#### Виклад основного матеріалу дослідження.

**Експериментальна частина.** Пероксиапринову кислоту (ПКК) синтезували за методикою [7] з вихідної карбонової кислоти та пероксиду водню в сірчанокислотному середовищі з наступною перекристалізацією з гексану. Вміст основної речовини визначали йодометрично. Він становив 98-99 %. Для роботи використовували свіжоприготовані етанольні розчини пероксициклоти (ПК). Люмінол (фірми “Хемапол”) очищали за методикою [8]. Стандартні розчини солей  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$  та  $Co^{2+}$  готували з перекристалізованих сульфатів (х.ч.) і підкислювали сірчаною кислотою до рН 2,0. Розчини всіх реагентів готували на бідистиляті.

Методика дослідження кінетики хемілюмінесценції – в кювету хемілюмінесцентного фотометра вносили 5,0 мл боратного буферного розчину, 1,0 мл  $10^{-3}$  М лужного розчину люмінолу, 1,0 мл розчину солі металу, 2,0 мл бідистиляту і 1,0 мл  $10^{-2}$  М розчину пероксициклоти. Для вимірювання параметрів ХЛ використовували хемілюмінесцентну установку, основними вузлами якої є інтегратор I-02 та самописець TZ 4620 для запису кінетичної кривої. Одночасно з додаванням останнього компонента включали установку. Сумарне свічення визначали за 1 хв.

З метою підвищення нівелювання впливу сторонніх речовин під час ХЛ визначення вмісту йонів металів проводилося методом добавок.

Харчовими продуктами, обраними нами для досліджень, були: крупи вівсяна, гречана та перлова (для визначення вмісту Купруму), яйця (для визначення вмісту Феруму) та м’ясо різних видів риби (для визначення вмісту Кобальту).

Для переведення у розчинений вигляд усіх компонентів досліджуваних харчових продуктів нами було використане мокре озолення з використанням нітратної кислоти, під час якого відбувалося видалення всіх органічних речовин, які могли заважати визначенню, а необхідні нам мінеральні елементи переводилися у розчин у вигляді нітратів.

#### Результати та їх обговорення.

##### 1. Визначення вмісту Феруму в яйцях.

Вперше ХЛ композиція  $H_2L - Fe^{3+} - ПКК$

Таблиця 1

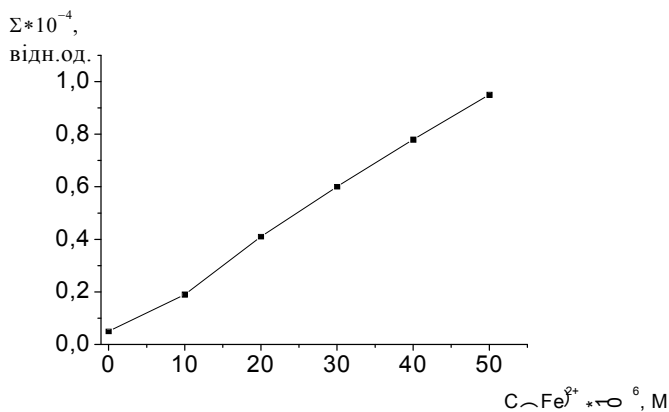
Результати визначення вмісту Феруму в досліджуваних зразках

№ з/п	Дослідний зразок	Встановлений вміст Fe, мг/100 г	Відносна похибка визначення, %
1	Яйце домашнє (жовток)	6,6	5,0
2	Яйце магазинне (жовток)	5,2	4,6
3	Яйце перепелине	2,9	6,2

описана в праці [9]. Подальші дослідження показали [10], що ефективними активаторами йонів  $Fe^{3+}$  в хемілюмінесцентних реакціях люмінолу з монопероксициклотами є 1,10-фенантролін (Phen). Його активуючий вплив пояснюється здатністю утворювати з йонами  $Fe^{2+}$  та  $Fe^{3+}$  комплексні сполуки складу  $Fe(Phen)_2^{2+}$  та  $Fe(Phen)_3^{3+}$ . Утворення цих комплексів запобігає швидкому виведенню йонів Феруму з розчину у вигляді малорозчинних каталітично неактивних гідроксидів, що призводить до виникнення тривалої хемілюмінесценції. Основним аналітичним сигналом, який використовувався нами в дослідженнях, було сумарне свічення. Його величина в цьому випадку є пропорційною до концентрації йонів Феруму в розчині. Оптимальний діапазон рН, при якому спостерігається найбільше свічення, складає 9,5-9,8.

**Хід визначення.** При визначенні вмісту Феруму в яйцях отриману після озолення витяжку з досліджуваних яєць об’ємом 1 мл вносили у мірну колбу на 100 мл і об’єм розчину доводили до мітки дистильованою водою. У кювету хемілюмінесцентного фотометра вносили 5,0 мл боратного буферного розчину, 1,0 мл лужного розчину люмінолу, 1,0 мл розчину одержаного розведеного досліджуваного розчину, 1,0 мл  $10^{-4}$  М розчину фенантроліну, 1,0 мл бідистиляту і 1,0 мл розчину пероксициклоти. Одночасно з додаванням останнього компонента включали інтегратор I-02 для визначення сумарного свічення. Сумарне свічення визначали за 1 хв.

Для побудови калібрувального графіка визначали сумарне свічення у системах, де замість розчину, отриманого з витяжки яєць, вносили по 1 мл стандартних розчинів феруму (II) сульфату з концентраціями солі в діапазоні  $1 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-5}$  моль/л. Вигляд калібрувального графіка для визначення вмісту Феруму наведений на рис. 1.



**Рис. 1.** Залежність  $\Sigma$  від концентрації іонів  $\text{Fe}^{2+}$ :  
 $C(\text{ПКК}) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ ,  $C(\text{Phen}) = 1 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ ,  $C(\text{H}_2\text{L}) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ ,  
 $\text{pH} = 9,7$ .

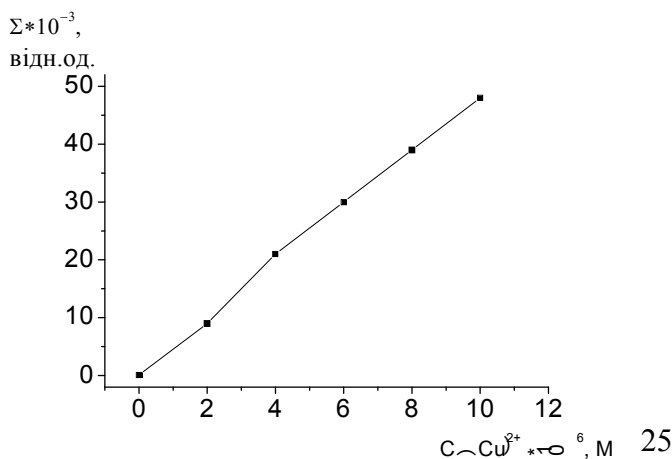
Нами було проведено визначення вмісту Феруму в трьох зразках яєць. Результати наших визначень представлені у таблиці 1.

За даними [13] вміст Феруму в досліджуваних харчових продуктах наступний (у мг/100 г): яйце куряче (жовток) – 6,3, яйця перепелині – 3,3.

## 2. Визначення вмісту Купруму в крупах.

Відомо, що оптимальним для хемілюмінесценції у системі  $\text{H}_2\text{L} - \text{Cu}^{2+} - \text{ПКК}$  є діапазон  $\text{pH}$  12,0-12,5 [11]. Використання цього діапазону  $\text{pH}$  дозволяє усунути заважаючий вплив на хемілюмінесцентну реакцію іонів Феруму, які також містяться у досліджуваних крупах, адже, як було вказано вище, значне свічення у присутності іонів Феруму виникає у слабо лужному середовищі ( $\text{pH} = 9,5-9,8$ ).

Оскільки в таких умовах при збільшенні концентрації іонів  $\text{Cu}^{2+}$  вище  $10^{-4}$  моль/л спостерігається різке зменшення свічення за рахунок виведення іонів Купруму з розчину у вигляді малорозчинного гідроксиду, для визначення вмісту Купруму в досліджуваному зразку, одержаному при озоленні крупи, цей розчин розводили у мірній



**Рис. 2.** Залежність  $\Sigma$  від концентрації іонів  $\text{Cu}^{2+}$ :  
 $C(\text{ПКК}) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ ,  $C(\text{H}_2\text{L}) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ ,  $\text{pH} = 12,3$ .

колбі дистильованою водою у 100 разів.

**Хід визначення.** При визначенні вмісту Купруму в кювету хемілюмінесцентного фотометра вносили 5,0 мл боратного буферного розчину, 1,0 мл лужного розчину люмінолу, 1,0 мл розчину одержаного розведеного досліджуваного розчину, 2,0 мл бідистилату і 1,0 мл розчину пероксикислоти. Одночасно з додаванням останнього компонента включали інтегратор I-02 для визначення сумарного свічення. Сумарне свічення визначали за 1 хв.

Калібрувальний графік будували на основі виміряних сумарних свічень у системах, які містили ті ж компоненти, але замість досліджуваного розчину вносили по 1 мл стандартних розчинів купрум (II) сульфату. Концентрації іонів  $\text{Cu}^{2+}$  в стандартних розчинах знаходилися в інтервалі  $1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$  моль/л. Вигляд калібрувального графіка для визначення вмісту Купруму наведений на рис. 2.

На предмет вмісту Купруму нами були досліджені три зразки крупи. У таблиці 2 наведені результати визначень.

За даними [13] вміст Купруму в досліджуваних харчових продуктах наступний (у мкг/100 г): крупа вівсяна – 490, крупа гречана – 500, крупа перлова – 280.

Таблиця 2

Результати визначення вмісту Купруму в досліджуваних зразках

№ з/п	Дослідний зразок	Встановлений вміст $\text{Cu}$ , мкг/100 г	Відносна похибка визначення, %
1	Крупа вівсяна	470	4,6
2	Крупа гречана	495	4,4
3	Крупа перлова	276	6,3

## 3. Визначення вмісту Кобальту в м'ясі риби.

Важливим мікроелементом, джерелом якого є м'ясо риби, є Кобальт. Для визначення його вмісту в деяких видах м'яса нами була використана хемілюмінесцентна реакція люмінолу з пероксикапріновою кислотою, на яку, як відомо [12], в діапазоні  $\text{pH}$  11,8-12,2 мають значний каталітичний вплив іони  $\text{Co}^{2+}$ .

При використанні солей Кобальту як каталізатора хемілюмінесцентної реакції в системі  $\text{H}_2\text{L} - \text{Co}^{2+} - \text{ПКК}$  спостерігається короткотривала хемілюмінесценція, тому аналітичним сигналом, який використовувався нами при визначенні, була інтенсивність свічення (а не сумарне свічення, як у випадку визначення Феруму та Купруму). Лінійна залежність  $I_{\text{ХЛ}}$  та концентрації іонів  $\text{Co}^{2+}$  спостерігаються в діапазоні концентрацій металу  $1 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-5}$  моль/л.

**Хід визначення.** 1 мл розчину, одержаного при озоленні м'яса, вносили у кювету хемілюмінесцентного фотометра, сюди ж додавали 5,0 мл боратного

буферного розчину, 1,0 мл лужного розчину люмінолу, 1,0 мл розчину одержаного розведеного досліджуваного розчину, 2,0 мл бідистилату та 1,0 мл  $10^{-2}$  М розчину перокси кислоти. Одночасно з додаванням останнього компонента вмикали самописець, за допомогою якого одержували кінетичну криву хемілюмінесценції. За цією кривою визначали максимальну інтенсивність свічення.

З метою одержання даних для побудови калібрувального графіка використовували стандартні розчини кобальт (II) сульфату з концентраціями йонів  $Co^{2+}$  в діапазоні  $1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$  моль/л (замість досліджуваного розчину) та розчини інших компонентів системи у тих самих кількостях. Вигляд калібрувального графіка для визначення вмісту Кобальту представлено на рис. 3.

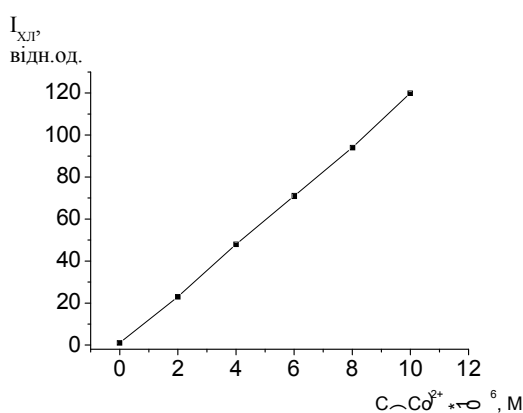


Рис. 3. Залежність  $I_{хл}$  від концентрації йонів  $Co^{2+}$ :  $S(ПКК) = 1 \cdot 10^{-3}$  М,  $S(H_2L) = 1 \cdot 10^{-4}$  М,  $pH = 12,0$ .

Нами було проведено визначення вмісту Кобальту в низці зразків м'яса риби. Результати досліджень представлені у таблиці 3.

За даними [13] вміст Кобальту в досліджуваних харчових продуктах наступний (у мкг/100 г): м'ясо

Таблиця 3  
Результати визначення вмісту Кобальту в досліджуваних зразках

№ з/п	Дослідний зразок	Встановлений вміст $Co$ , мкг/100 г	Відносна похибка визначення, %
1	М'ясо камбали	23,6	4,0
2	М'ясо коропа	31,3	3,8
3	М'ясо минтая	12,3	6,0

камбали – 20, м'ясо коропа – 35, м'ясо минтая – 15.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.** Проведені нами дослідження показали можливість використання хемілюмінесцентних реакцій люмінолу з пероксиацетиною кислотою для визначення вмісту Феруму,

Купруму та Кобальту в харчових продуктах. Незначне відхилення результатів наших визначень від реальних значень може бути пояснене неповним усуненням впливу на явище хемілюмінесценції деяких компонентів досліджуваних харчових продуктів.

В цілому, зважаючи на більшу доступність і значно нижчу собівартість запропонованих нами методик визначень у порівнянні з атомно-абсорбційним методом визначення вмісту металів у харчових продуктах, а також високу чутливість методу, вважаємо, що хемілюмінесцентний метод визначення мікроелементів є досить перспективним методом аналізу. Подальше вдосконалення наведених нами методик дозволить розширити спектр визначуваних речовин та досліджуваних харчових продуктів.

## ЛІТЕРАТУРА

- Robards K. Metal Determination and Metal Specification by Liquid Chromatography / K. Robards, P. Starr, E. Patsalides // *Analyst*. – 1991. – Vol. 116. – P. 1247-1273.
- Mikuska P. Photo-induced flow-injection determination of nitrate in water / P. Mikuska, L. Capka, Z. Vecera I [at al.] // *Int. J. Env. Anal. Chem.* – 2014. – Vol. 94. – № 10. – P. 1038-1049.
- А. с. 1043532, СССР МКИ G 01 № 21/76. Способ определения борной кислоты / А. М. Гута, В. Н. Сарылов, В. О. Василечко, Р. Д. Мыщук, В. В. Никулин, Л. П. Цыбульник, Б. М. Самоходкин, Н. П. Николаев. – опубл. 1983. – Бюлл. № 35.
- Скоробогатый Я. П. Метод определения константы ионизации высших монопероксикарбоновых кислот по ингибированию хемілюмінесценции люминола / Я. П. Скоробогатый, О. М. Заверуха // *Журнал аналитической химии*. – 1993. – Т. 48. – № 3. – С. 440-444.
- Зинчук В. К. Исследование каталитической активности металлов в хемілюмінесцентной реакции люминола с перкаприновой кислотой / В. К. Зинчук, Я. П. Скоробогатый // *Кинетика и катализ*. – 1979. – Т. 20. – № 3. – С. 635-639.
- Влияние ингибиторов свободно-радикальных реакций на хемілюмінесценцию люминола с перкаприновой кислотой / В. К. Зинчук, Я. П. Скоробогатый, Р. Ф. Марковская, В. С. Дутка // *Украинский химический журнал*. – 1976. – Т. 42. – № 7. – С. 731-735.
- Parker W. E. Peroxides. II., Preparation, characterization and polarographic behavior of longchain aliphatic peracids / W. E. Parker, C. Picciuti, C. Z. Ogg, D. Swern // *Journal of Amercan Chemistry Society*. – 1955. – Vol. 77. – P. 4027-4042.
- Калиниченко И. Е. Сравнение различных способов очистки люминола в связи с его применением в хемілюмінесцентном анализе / И. Е. Калиниченко, А. Т. Пилипенко, Т. М. Ткачук // *Журнал аналитической химии*. – 1982. – Т. 37. – № 2. – С. 213-215.
- Скоробогатый Я. П. Исследование хемілюмінесцентной реакции люминола с надкаприновой

кислотой в присутствии ионов железа и использование ее в анализе / Я. П. Скоробогатый, В. К. Зинчук, В. О. Василечко // 1-я Республиканская конференция по аналитической химии : тезисы докладов. – Киев, 1979. – С. 112.

10. Загнийная П. З. Активирование ионов железа в хемиллюминесцентной реакции люминола с одноосновными алифатическими пероксикислотами / П. З. Загнийная, Я. П. Скоробогатый, В. К. Зинчук // Украинский химический журнал. – 1988. – Т. 54. – № 9. – С. 943-945.

11. Каталитическое влияние меди на хемиллюминесцентную реакцию люминола с перкаприновой кислотой / Я. П. Скоробогатый, В. К. Зинчук, Н. А. Петровская, П. З. Загнийная // Украинский химический журнал. – 1983. – Т. 49. – № 1. – С. 57-60.

12. Скоробогатый Я. П. Каталитическое влияние кобальта на хемиллюминесценцию люминола с перкаприновой кислотой и кинетику разложения перкислоты / Я. П. Скоробогатый, В. К. Зинчук // Доклады АН УССР. – 1977. – № 5. – Серия Б. – С. 428-430.

13. Химический состав пищевых продуктов : в 2 т. / [ред. И. М. Скурихин] – М. : Агропромиздат, 1987. Т. 1 : Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. – 224 с.; Т. 2 : Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов. – 360 с.

## REFERENCES

1. Robards, K., Robards, K., Starr, P. and Pat-salides, E. (1991) "Metal Determination and Metal Specification by Liquid Chromatography" *Analyst*. Vol. 116, pp. 1247-1273.

2. Mikuska, P., Capka, L., Vecera, Z., Kalinichenko, I., and Kelner, J. (2014) "Photo-induced flow-injection determination of nitrate in water" *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. Vol. 94. № 10, pp. 1038-1049.

3. Guta, A. M., Sarylov, V. N., Vasylechko, V. O., Mitsuk, R. D., Nikulinin, V. V., Tsibul'nik, B. M., Samokhodkin, B. M., and Nikolaev, N. P. (1983) *Sposob opredelenija bornoj kisloty: avtorskoe svidetel'stvo SSSR № 1043532. MKI G 01 № 21/76*. 1983. Bull. № 35.

4. Skorobogaty Ya. P., Zaverukha, O. M. (1993) "Metod opredelenija konstanty ionizacii vysshih mono-peroksikarbonovyh kislot po ingibirovaniyu hemi-

ljuminescencii ljuminola" *Zhurnal analiticheskoy himii*. Vol. 48. № 3, pp. 440-444.

5. Zinchuk, V. K. and Skorobogaty, Ya. P. (1979) "Issledovanie kataliticheskoy aktivnosti metallov v hemiljuminoscentnoj reakcii ljuminola s perkaprinojv kislotoj" *Kinetika i kataliz*. Vol. 20. № 3. pp. 635-639.

6. Zinchuk, V. K., Skorobogaty, Ya. P., Markovskaya, R. F. and Dutka, V. S. (1979) "Vlijanie ingibitorov svobodno-radikal'nyh reakcij na hemiljuminoscentciju ljuminola s perkaprinojv kislotoj" *Ukrainskij himicheskij zhurnal*. Vol. 42. № 7, pp. 731-735.

7. Parker, W. E., Picciuti, C., Ogg, C. Z. and Swern, D. (1955) "Peroxides. II., Preparation, characterization and polarographic behavior of longchain aliphatic peracids" *Journal of Amercan Chemistry Society*. Vol. 77, pp. 4027-4042.

8. Kalinichenko, I. E., Pilipenko, A. T. and Tkach, T. M. (1982) "Srvnenie razlichnyh sposobov ochistki ljuminola v svjazi s ego primeneniem v hemiljuminoscentnom analize" *Zhurnal analiticheskoy himii*. Vol. 37. № 2, pp. 213-215.

9. Skorobogaty, Ya. P., Zinchuk, V. K. and Vasylechko, V. O. (1979) "Issledovanie hemiljuminoscentnoj reakcii ljuminola s nadkaprinojv kislotoj v priststvii ionov zheleza i ispol'zovanie ee v analize" *Tezisy dokladov na I Respublikanskoj konferencii po analiticheskoy himii*. – Kyev. p. 112.

10. Zagnijnaya, P. Z., Skorobogaty, Ya. P. and Zinchuk, V. K. (1988) "Aktivirovanie ionov zheleza v hemiljuminoscentnoj reakcii ljuminola s odnoosnovnymi alifaticeskimi peroksikislotoj" *Ukrainskij himicheskij zhurnal*. Vol. 54. № 9, pp. 943-945.

11. Skorobogaty, Ya. P., and Zinchuk, V. K., Petrovskaya, N. A. and Zagnijnaya, P. Z. (1983) "Kataliticheskoe vlijanie medi na hemiljuminoscentnuju reakciju ljuminola s perkaprinojv kislotoj" *Ukrainskij himicheskij zhurnal*. Vol. 49. № 1, – pp. 57-60.

12. Skorobogaty, Ya. P. and Zinchuk, V. K. (1977) "Kataliticheskoe vlijanie kobal'ta na hemiljuminoscentciju ljuminola s perkaprinojv kislotoj i kinetiku razlozhenija perkisloty" *Doklady AN USSR*. № 5. Seriya B, – pp. 428-430.

13. Skurihin I. M. (1987) *Himicheskij sostav pishhevyyh produktov: v 2 t. T 1: Spravochnye tablicy sodержanija osnovnyh pishhevyyh veshhestv i jenergeticheskoy cennosti pishhevyyh produktov; T 2: Spravochnye tablicy sodержanija aminokislot, zhirnyh kislot, vitaminov, makro- i mikrojelementov, organicheskikh kislot i uglevodov*. Izdatel'stvo "Agropromizdat", Moscow, Russia.